

# Capitolo 2:

## 2.1 Usi ed applicazioni per le antenne integrate a microstriscia

Il rapido sviluppo della tecnologia delle antenne a microstriscia è iniziato nel 1970 [3]. Una decina di anni dopo l'attenzione dei ricercatori era incentrata sul miglioramento delle prestazioni di questo strumento sempre più ricco di prospettive. Negli ultimi anni si è avuto un notevole incremento nell'integrazione su chip tanto da non rendere impensabile creare un singolo chip comprendente l'antenna e la parte ricetrasmittente. Attualmente sul mercato si è riversata una grande quantità di oggetti wireless che tendono a diventare sempre più di piccole dimensioni e ad aumentare il numero di funzioni supportate. Un esempio quotidiano può essere quello dei telefoni cellulari che ormai stanno comodamente in un palmo di mano. Niente a che vedere con i primi "mattoni" soprattutto per la complessità che caratterizza i nuovi modelli. Logicamente le antenne hanno subito lo stesso processo di miniaturizzazione degli altri componenti elettronici. Il problema però è sempre stato la necessità di rispettare delle precise leggi fisiche che determinano le dimensioni fisiche di un'antenna. Particolare attenzione è quindi dovuta alle applicazioni a cui è destinata tale antenna. In base a questo noi potremo scegliere la giusta combinazione tra prestazioni e dimensioni dell'antenna. Nel particolare delle antenne a microstriscia questo è un punto fondamentale perché, come abbiamo visto nei paragrafi precedenti, i parametri su cui facciamo leva per avere l'integrazione su chip influiscono in modo pesante sull'efficienza di radiazione e sulla banda. Prescindendo dalle dimensioni, l'antenna a microstriscia è utilizzata su un grande numero di sistemi, per diversi range di frequenza, grazie al basso costo di produzione e alla sua adattabilità verso le diverse esigenze dei sistemi RF ( fig. 2.1). Da questo punto di vista merita una speciale attenzione il metodo usato per l'alimentazione del patch di antenna. Le diverse soluzioni possono garantire dei miglioramenti notevoli per le diverse applicazioni.

Application	Frequency
Global Positioning Satellite	1575 MHz and 1227 MHz
Paging	931-932 MHz
Cellular Phone	824-849 MHz and 869-895 MHz
Personal Communication System	1.85-1.99 GHz and 2.18-2.20 GHz
GSM	890-915 MHz and 935-960 MHz
Wireless Local Area Networks	2.40-2.48 GHz and 5.4 GHz
Cellular Video	28 GHz
Direct Broadcast Satellite	11.7-12.5 GHz
Automatic Toll Collection	905 MHz and 5-6 GHz
Collision Avoidance Radar	60 GHz, 77 GHz, and 94 GHz
Wide Area Computer Networks	60 GHz

Fig. 2.1

## 2.2 Guide d'onda coplanari (CPW)

Le guide d'onda coplanari sono una scelta molto comune per l'integrazione su circuiti nelle applicazioni per microonde e onde millimetriche. Una tipica guida d'onda coplanare è formata da un conduttore centrale affiancato da due conduttori collegati a massa, tutti posizionati su uno stesso piano (fig. 2.2). Normalmente l'altezza del substrato è molto maggiore della distanza tra i conduttori. Questo permette che le linee del campo elettrico siano concentrate tra il conduttore centrale e i due messi a terra. Le guide d'onda coplanari possono supportare dei modi quasi-TEM sia pari che dispari a seconda che le linee del campo elettrico vadano in direzioni opposte o uguali tra i due conduttori. Normalmente, per la maggior parte delle applicazioni, si preferiscono i modi dispari. L'impedenza caratteristica di una guida d'onda coplanare è fortemente influenzata dal rapporto tra la larghezza del conduttore centrale e la larghezza del conduttore centrale unita ai due gap ( $w/(w+2g)$ ).

Le guide d'onda coplanari si prestano bene per essere realizzate con applicazioni flip-chip che permettono una elevata compattezza nell'integrazione dell'antenna con l'elettronica a RF (fig. 2.3). In questa configurazione i conduttori coplanari vengono a trovarsi molto vicini al piano di massa. Tra i conduttori e il piano di massa è situato uno strato di resina poliimmidica dello spessore di  $8\mu\text{m}$  (fig. 2.4). Se l'altezza dello strato di resina poliimmidica è comparabile con la distanza tra i conduttori allora tra il conduttore centrale e gli altri due sono presenti sia modi quasi-TEM pari che dispari. Nella figura 2.5 sono graficate l'impedenza caratteristica e l'effettiva costante dielettrica in funzione della larghezza del conduttore centrale

mentre in figura 2.6 le stesse grandezze variano in funzione del rapporto  $w/w+2g$ .

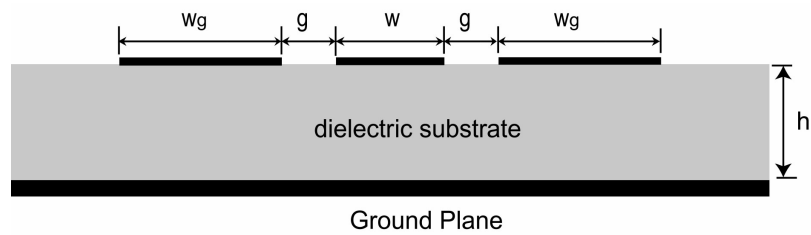


Fig. 2.2

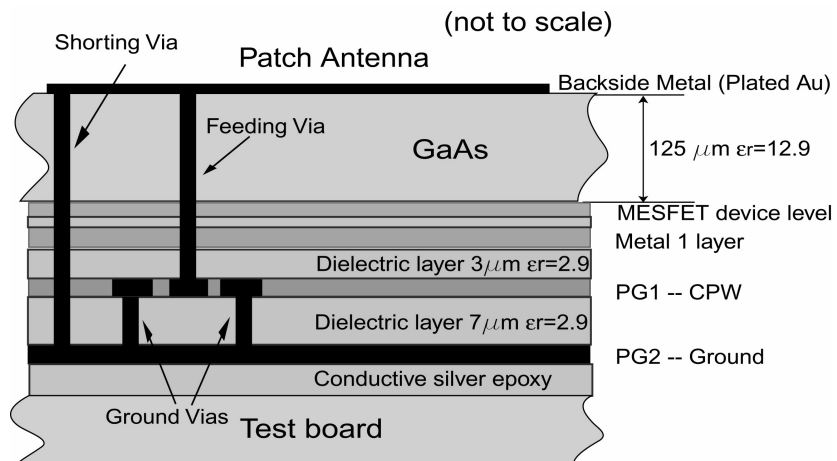


Fig. 2.3

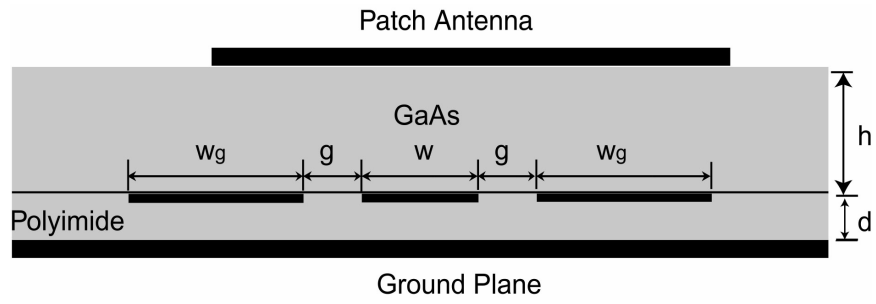


Fig. 2.4

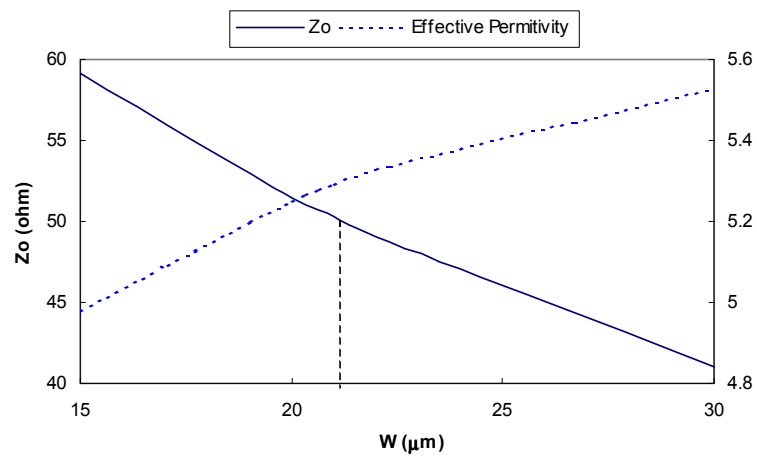


Fig. 2.5

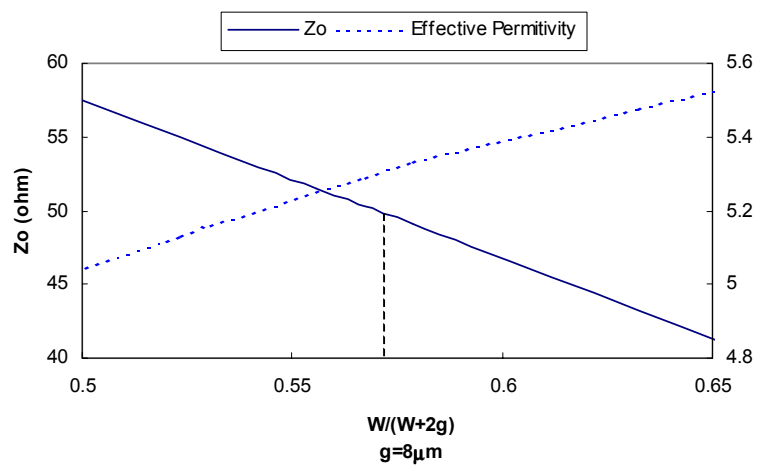


Fig. 2.6

La scelta di una particolare topologia per la struttura di alimentazione può essere importante. Per un patch quadrato, con un lato cortocircuitato, si usano principalmente due tipi di alimentazione: quella diretta o simmetrica e quella ortogonale (fig. 2.7).

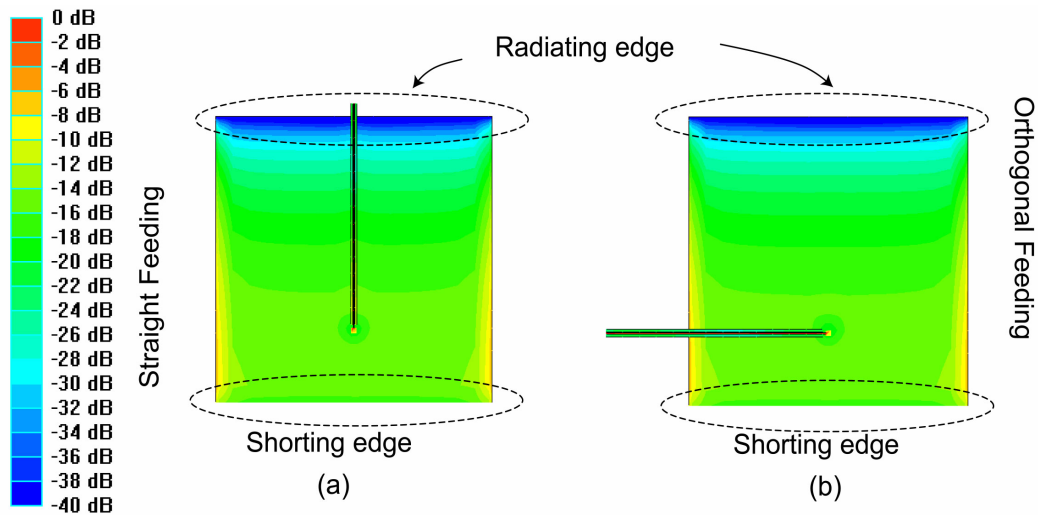


Fig. 2.7

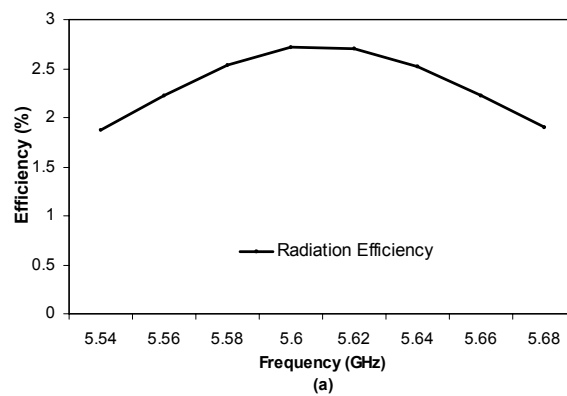


Fig. 2.8

In entrambe le topologie la densità di corrente è minima sul lato radiante. Questo lato è equivalente a un circuito aperto e dunque su di esso abbiamo un valore nullo della corrente e un massimo di tensione. D'altra parte, sul lato cortocircuitato, la densità di corrente tende a un massimo mentre la tensione è minima. La distribuzione della densità di corrente è mostrata in figura 2.7 attraverso l'uso di una scala in cui i colori rappresentano i vari livelli di densità. La struttura ortogonale è in genere preferita perché allontana l'elettronica a RF dal lato radiante. Questo evita che ci siano delle interferenze indesiderate. In figura 2.8 e 2.9 sono mostrati i grafici dell'efficienza di radiazione in funzione della frequenza rispettivamente della struttura diretta e di quella ortogonale. L'efficienza di radiazione della struttura ortogonale è leggermente più alta dell'altra.

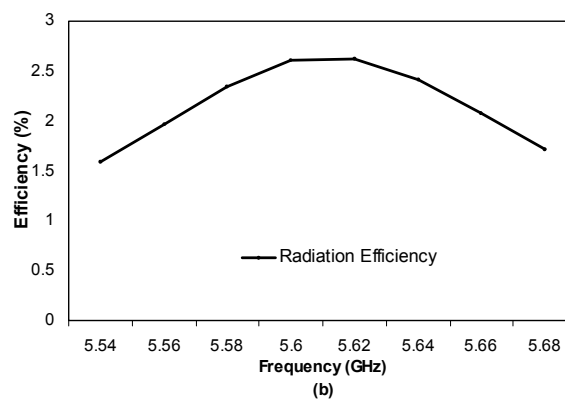


Fig. 2.9

## 2.3 Apertura di accoppiamento

L'apertura di accoppiamento è usata per l'alimentazione delle antenne a microstriscia per incrementare la larghezza di banda. Quando l'alimentazione avviene tramite una linea di trasmissione a microstriscia la larghezza di banda generalmente non è dell'ordine del 2%-5%. Usando un'apertura di accoppiamento, in una struttura a singolo strato (fig. 2.10), si arriva anche ad avere una larghezza di banda del 10%-15% [4]. Se invece usiamo una struttura multistrato possiamo avere valori del 30%-50%. Questo notevole incremento può essere ottenuto perché l'alimentazione di accoppiamento presenta molti gradi di libertà in più rispetto agli altri metodi di alimentazione. Per esempio, per raggiungere l'adattamento di impedenza, possiamo variare la lunghezza dell'apertura senza dover agire sull'altezza del substrato o sulla frequenza di risonanza.

La linea di alimentazione a microstriscia, per avere il massimo accoppiamento, è posizionata ortogonalmente al centro dell'apertura. Per lo stesso motivo l'apertura è al centro del patch. Muovendo l'apertura lungo la direzione del piano H si hanno piccoli effetti mentre se lo spostamento avviene lungo il piano E si hanno dei rilevanti decrementi del livello di accoppiamento.

Come per gli altri tipi di antenna a microstriscia la possibilità di avere una doppia polarizzazione è ottenuta usando due linee di alimentazione ortogonali. Una possibile struttura è ottenuta con due linee di alimentazione non sovrapposte. Questa scelta però comporta dei problemi perché l'asimmetria dell'apertura e l'obbligo di mantenere le dimensioni di questa entro certi limiti causano una perdita nel livello di isolamento tra le due linee e un degrado nella purezza della polarizzazione. Alternativamente si può usare un patch alimentato attraverso un'apertura incrociata [5]. L'isolamento e la larghezza di banda che si ottengono in questo caso sono molto buoni. L'unico problema risiede nell'incrocio tra le linee di alimentazione bilanciate che alimentano ciascun braccio dello slot a croce. Le soluzioni sono quella di usare una diversa disposizione tra le linee di alimentazione e lo slot a croce oppure di usare una struttura multistrato e far passare le linee di alimentazione su strati diversi [6]. La polarizzazione circolare può anche essere ottenuta con un'apertura diagonale e un patch rettangolare, quasi quadrato, accontentandosi di una modesta larghezza di banda. Le cose vanno meglio se usiamo un'apertura a croce con una singola linea di alimentazione posta diagonalmente all'apertura e un patch lievemente rettangolare, quasi quadrato.

Le antenne a microstriscia con apertura di accoppiamento sono molto utilizzate per realizzare array di antenne. La sua struttura permette di risolvere il problema dello spazio per le linee di alimentazione. Con l'alimentazione attraverso la tradizionale linea di trasmissione a microstriscia si pone il problema di dove far passare la linea. Nel caso di array il problema viene moltiplicato. Con l'apertura di accoppiamento le linee di trasmissioni si trovano al di sotto del piano di massa che inoltre

fornisce un ottimo scudo contro interferenze indesiderate tra la parte radiante e quella di alimentazione.

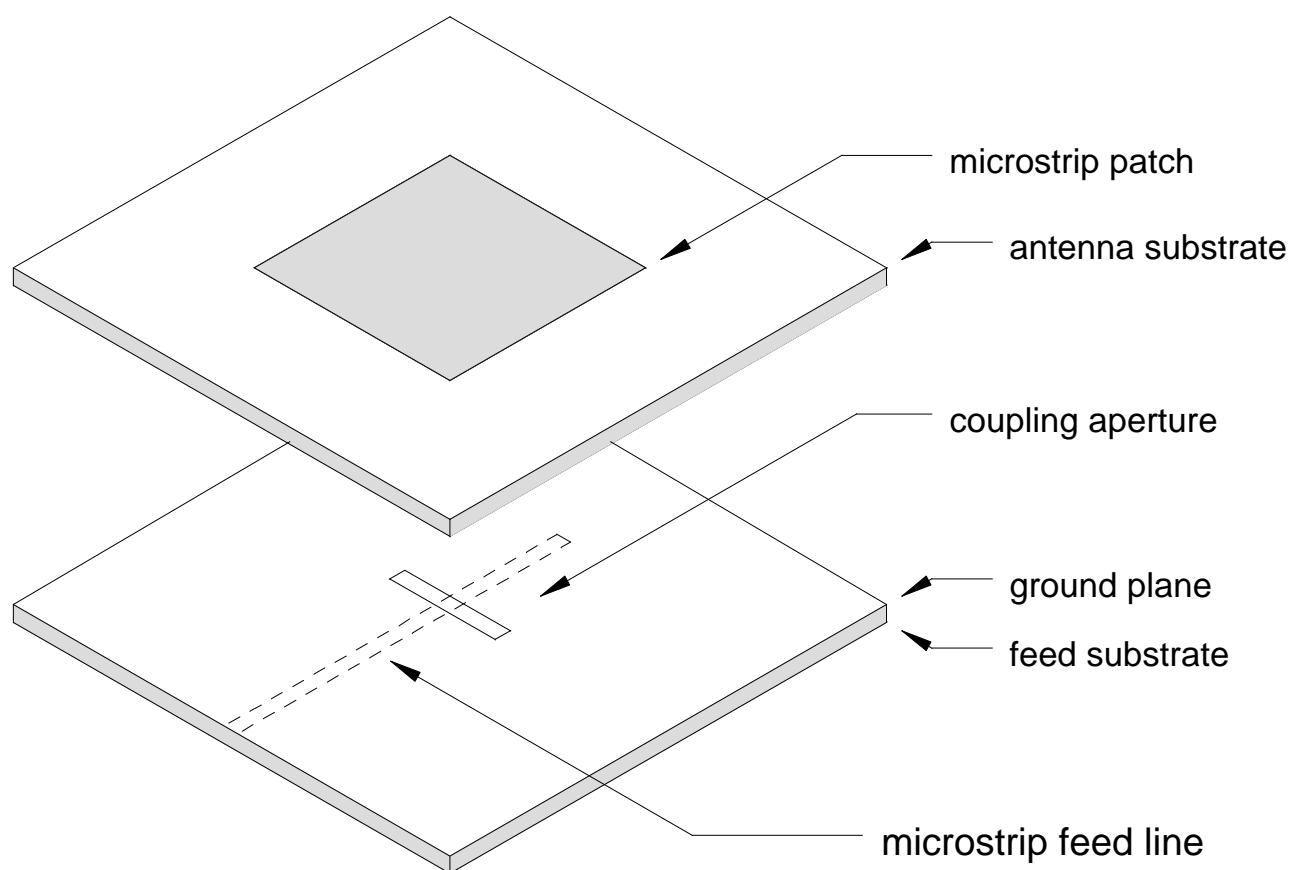


Fig. 2.10